

補助事業番号 28-129
 補助事業名 平成28年度民生用ロボットや自動運転車を実用化するための超高性能圧電MEMS角速度センサの開発補助事業
 補助事業者名 東北大学大学院工学研究科 吉田 慎哉

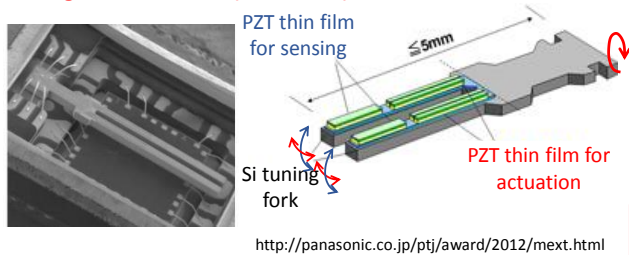
1 研究の概要

高性能な圧電微小電気機械システム（MEMS）角速度センサの創出を目指し、 c 軸配向チタン酸ジルコン酸鉛（PZT）系薄膜をSi基板上にエピタキシャル成長させるための最適な金属バッファ層構造を探索した。次に、PZT系薄膜を搭載した圧電ユニモルフカンチレバーを試作し、共振、非共振駆動および圧電膜の性能を評価した。さらに、本PZT薄膜の応力制御技術を確立した。

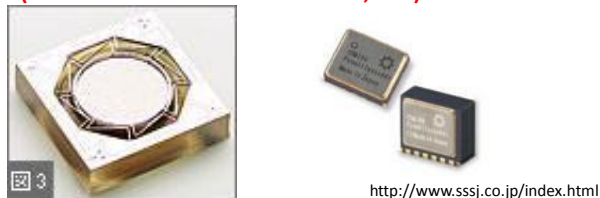
2 研究の目的と背景

ロボットや自動運転車の実用化を進める上で鍵となるMEMSセンサは、角速度センサであり、既存のものと比較して飛躍的に高い性能が求められている（図1）。本事業の目的は、圧電駆動型MEMS角速度センサの高性能化を達成しうる圧電材料の開発、およびSi基板上へのエピタキシャル成長技術を確立し、その有用性を実証することである。

Tuning fork resonator (Panasonic)



Ring-shaped resonator (Sumitomo Precision Products Co., Ltd.)



自動運転車のナビゲーション



ロボットの姿勢制御

高性能化

MEMS角速度センサを高性能化できる圧電薄膜を創出する

3 研究内容

圧電MEMS角速度センサのための超高性能PZT系薄膜の開発

<https://sites.google.com/site/shinyayoshidaresearch01/>

MEMSにとって、電気エネルギーを機械エネルギーに変換したりする『トランスデューサ』は最も重要な要素である。例えば、圧電薄膜の性能が上がれば、圧電MEMSデバイスを高性能化できる。あるいは、従来と同じ性能を実現するのに、より小さい大きさで済み、結果として低コスト化できる。すなわち、高性能な材料をMEMSに組みこむことは、産業的競争力の強化につながる。本事業では、圧電ジャイロ（角速度）センサに最適なc軸配向PZT系エピタキシャル薄膜を、MEMSの母材であるSi基板上に形成することに挑戦した。研究の流れと成果は以下の通りである。

①バッファ層の最適化

まず、PZT系薄膜をエピタキシャル成長させるための最適な金属バッファ層構造を探索した。実験の結果、(100)Si基板には、(100)SrRuO₃/(100)Pt/(100)Ir/(100)YSZ/(100)Siの層構造が適していることを、実験的に突き止めた。また、(111)Si基板上では、強い(100)配向性を持つLaNiO₃を、配向性変換層として用いた(100)SrRuO₃/(100)LaNiO₃/(111)Pt/(111)CeO₂/(100)Siが、適していることを実証した。

②単結晶PZT系薄膜を用いたMEMS共振子の設計と試作

(100)Si上にエピタキシャル成長させたPZT圧電膜は、狙い通りcドメインが支配的となった。一方、(111)Si上に得られたものは、aドメインが支配的となった。後者は、ポーリング処理を施すことで、圧電薄膜が高い圧電性能と低い誘電率、つまり理想的な物性を発現して駆動できる可能性を実証した。次に、最も基本的かつ本質的な圧電MEMS共振子である圧電ユニモルフカンチレバーの試作に成功した。

③熱応力緩和法の開発

我々の形成した圧電膜は他の報告よりも絶縁耐性が低い傾向にあったが、これは、熱応力によって膜内に発生するマイクロクラックが原因の一つであることを突き止めた。そこで、PZT圧電膜の応力制御法の開発を行った。その結果、スパッター冷却を複数回に分けることで熱応力を緩和し、クラックの無いPZT圧電膜を形成できることを発見した。

4 本研究が実社会にどう活かされるか—展望

本研究で得られた圧電膜の成膜技術や微細加工技術は、角速度センサだけでなく、超音波デバイスやインクジェットプリンタヘッドなどへも適用可能であり、その応用範囲は広い。このような適用可能な高性能圧電材料を開発し、付加価値の高いデバイスを創出することは、

我が国の産業的競争力の強化につながる。

5 教歴・研究歴の流れにおける今回研究の位置づけ

機能性材料を組み込んだマイクロシステムの開発は事業者の得意とするところである。本研究で取り組んだ圧電材料の成膜技術およびデバイスの開発は、事業者にとって有益な成果と知見となったことは疑うべくもなく、今後の幅広い圧電MEMSデバイスの開発へ展開していく予定である。

6 本研究にかかわる知財・発表論文等

(1) 原著論文発表 (国際誌1件)

"Development of buffer layer structure for epitaxial growth of (100)/(001)Pb(Zr,Ti)O₃-based thin film on (111)Si wafer.", *Japanese Journal of Applied Physics*, (2017) **Accepted**

Takeshi Hayasaka, Shinya Yoshida and Shuji Tanaka

(2) 学会プロシーディングス (1件)

"Sputtering Epitaxy of Highly c-Axis Oriented PMnN-PZT Thin Film on SrRuO₃/Pt/Ir/YSZ/Si for Piezoelectric MEMS Sensors."第33回「センサ・マイクロマシンと応用システム」シンポジウム講演予稿集,33,(2016),24pm2-B-3

Pham Ngoc Thao, Shinya Yoshida, Shuji Tanaka

7 補助事業に係る成果物

(1) 補助事業により作成したもの

上記発表論文等

(2) (1) 以外で当事業において作成したもの

該当なし

8 事業内容についての問い合わせ先

所属機関名： 東北大学大学院工学研究科 田中（秀）研究室（タナカ（シュウ）ケンキュウシツ）

住 所： 〒980-8579

宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉6-6-01 機械知能系共同棟113号室

申 請 者： 役職名 特任准教授（トクニンジュンキョウジュ）

担 当 部 署： 大学院工学研究科（ダイガクインコウガクケンキュウカ）

E - m a i l : s-yoshida@mems.mech.tohoku.ac.jp

U R L : <https://sites.google.com/site/shinyayoshidaresearch01/>